

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. VAK-2-001

In re Application of  
Victor V. Kulish, et al.  
Serial No. 2001020953  
Filed: 13 Feb 2001  
For: Electronic Sterilizer

Examiner-Unknown

Chortaji

1744

COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

10955 U.S. PTO

10/022286

12/20/01

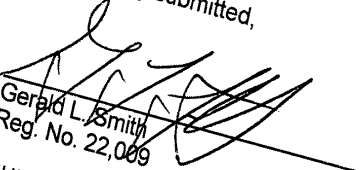
SAN  
#2  
3-12-02

Sir:

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 37 C.F.R. § 1.55

Applicants hereby make claim for priority based on Ukraine application serial number 2001020953 filed on February 13, 2001. The certified copy of the Ukraine patent application is submitted herewith in support of this claim for priority.

Respectfully submitted,

  
Gerald L. Smith  
Reg. No. 22,009

MUELLER AND SMITH, L.P.A.  
MUELLER-SMITH BUILDING  
7700 Rivers Edge Drive  
Columbus, Ohio 43235-1331  
Tel.: 614-436-0600  
Fax: 614-436-0057  
email: patents@infinet.com

Enc.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВОЇ ВЛАСНОСТІ  
(УКРПАТЕНТ)

10955 U.S. PTO  
10/022286

12/20/01

Україна, 04119, м. Київ-119, вул. Сім'ї Хохлових, 15, тел./факс 458-06-11  
Україна, МСП 04655, м. Київ-53, Львівська площа, 8, тел. 212-50-82, факс 212-34-49

№ 211/01

06" 04 "2001" р.

Міністерство освіти і науки України цим засвідчує, що  
додані матеріали є точним відтворенням первісного опису,  
формули і креслень заявки № **2001020953** на видачу патенту на  
винахід, поданої **13.02.2001**

Назва винаходу:

ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР

Заявник:

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ /СумДУ/

Дійсні автори:

Куліш В.В., Мельник О.К. (US), Хворост В.А.

Україна

За дорученням Державного департаменту інтелектуальної власності

*Д.С.П.*

А.Красовська

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР

Винахід відноситься до засобів обробки продукції сільськогосподарської, харчової та фармацевтичної промисловостей, а також до засобів біологічного обеззаражування об'єктів різної природи, зокрема, до техніки стерилізаторів, і може бути використаним як пристрій комерційного типу для стерилізації харчових продуктів, медичних та біологічних препаратів, знезаражування м'яса, води, зерна, овочів, фруктів, продуктів життєдіяльності населених пунктів та тваринницьких ферм.

Відомий пристрій, здатний працювати як електронний стерилізатор [Sculer R.E. Radiation sources - 'E.B.'// *Radiat. Phys. Chem.*, vol.14, 1979, pp.171-184.]. Пристрій складається із джерела релятивістського електронного пучка, вихідного пристрою, системи опромінення та транспортної системи. При цьому джерела релятивістського електронного пучка виконано у формі електростатичного електронного прискорювача (ЕСП). Основними недоліками даного пристрою є його надмірні габарити, висока вартість виготовлення та експлуатації і підвищена небезпека при обслуговуванні. Усі зазначені недоліки обумовлені особливостями конструкції електростатичного прискорювача, що використовується, оскільки на прискорювач доводиться не менше 80% від загальних габаритів стерилізатора. Це, у першу чергу, пояснюється наявністю тут джерела високої напруги (від сотень кВ до десятків МВ). Для забезпечення ізоляції елементів, що знаходяться під високою напругою, використовуються спеціальні електротехнічні масла та гази під високим тиском (від 5 до 30 атмосфер). Зазначені недоліки і є основною перешкодою для створення компактних, відносно недорогих і безпечних в експлуатації стерилізаторів. Особливо істотними ці недоліки виявляються при роботі з електронними пучками  $\geq 1\text{Me}$ .

Відомий пристрій, здатний працювати як електронний стерилізатор [McKeown J. Technology review of accelerator facilities. // *Radiat. Phys. Chem.*, vol.35, No. 4-6, 1990, pp.606-611]. Пристрій також складається із джерела релятивістського електронного пучка, вихідного пристрою, системи опромінення та транспортної системи. Основною його відмінністю від вище описаного першого аналога є виконання джерела релятивістського електронного пучка у формі лінійного радіочастотного прискорювача (ЛРП). Це дозволяє істотно знизити загальні габарити системи, особливо, при роботі з пучками з енергіями більших за 1MeV. Дане відносне зниження габаритів, однак, досягнуто ціною різкого ускладнення конструкції і підвищення її вартості. Останнє пов'язано, перш за все, з тим, що основним джерелом енергії для радіочастотного прискорювача служать надпотужні генератори мікрохвильового (НВЧ) випромінювання (клістриони чи магнетрони), які, самі по собі, є доволі дорогими як у виробництві, так і в експлуатації. Так наприклад, на

сьогодні серійний стерилізатор на базі ЛРП коштує від 0,8 до 3 млн. доларів США. До того ж, клістриони (магнетрони), що використовуються, вимагають систематичної заміни у процесі експлуатації, що, у свою чергу, пов'язано із технологічними обмеженнями на їх термін служби. Оскільки такі стерилізатори відносяться до електронних систем підвищеного рівня складності, то для їх обслуговування потрібна спеціальна група фахівців високої кваліфікації.

Іншим негативним наслідком від використання НВЧ-генераторів у стерилізаторах такого типу є наступне. Перехід від використання методу прямого прискорення електронів надсильними електростатичними полями (ЕСП), який застосовано у першому аналогу до методу прискорення НВЧ-хвилями (ЛРП), що використано у другому аналогу, дозволив знизити рівень небезпеки, пов'язаний із наявністю надвисоких електростатичних напруг. Однак, при цьому одночасно з'явилася нова небезпека для обслуговуючого персоналу, яка обумовлена з ризиком його опромінення НВЧ хвилями. У результаті, загальний потенційний рівень небезпеки використання таких систем в умовах їхньої експлуатації стандартних для цивільних галузей виробництва, таких, скажімо, як харчова, фармацевтична і т.д. промисловості, виявляється неприйнятно високим.

Відомо пристрій, який також здатний працювати як електронний стерилізатор [Scarpetti R.D., Boyd J.K., Earley G.G., e.a. "Upgrades to the LLNL flash X-ray induction linear accelerator (FXR)," *Digest of technical papers of 11<sup>th</sup> IEEE International Pulsed Power Conf.*, Baltimore, Maryland USA, June 29-July 2, 1997, v.2, pp.597-602, 1998]. Як перший і другий аналоги даний пристрій складається із джерела релятивістського електронного пучка, вихідного пристрою, системи опромінення та транспортної системи. Особливістю його є те, що джерело релятивістського електронного пучка тут виконано у формі лінійного індукційного прискорювача (ЛІП). Прискорення електронів у ЛІП здійснюється за рахунок дії повздовжнього вихрового електричного поля відносно низької (у порівнянні з ЛРП) частоти (десятки МГц), яке генерується в робочому прискорювальному каналі спеціальними індукторами. Це поле, на відміну від поля, що генерується за межами робочого каналу прискорювача, називається внутрішнім. Використання для прискорення вихрових електричних полів дозволяє усунути велику частину вище вказаних недоліків стерилізаторів, побудованих як на основі ЕСП, так і ЛРП. Зокрема, ЛІП характеризуються істотно більш простою конструкцією, суттєво меншою (майже у десять разів) вартістю, більшою безпекою і простотою експлуатації. Основними недоліками стерилізаторів, побудованих на основі ЛІП, є їхні надмірні лінійні робочі габарити, що, у свою чергу, обумовлено як значним лінійним габаритом власне ЛІП, так і необхідністю забезпечити значну відстань між його виходом і об'єктами обробки (опромінення), відповідно. Так, наприклад, довжина самого ЛІП, описаного, наприклад, у роботі [Scarpetti R.D., Boyd J.K., Earley G.G., e.a. "Upgrades to the LLNL flash X-ray induction linear accelerator (FXR)," *Digest of technical papers of 11<sup>th</sup> IEEE International Pulsed Power Conf.*, Baltimore, Maryland USA, June 29-July 2, 1997, v.2, pp.597-602, 1998], при енергії ~18 MeV сягає ~20 м. Крім того, при роботі ЛІП в його оточуючому просторі генерується досить сильне зовнішнє вихрове електричне поле. Це поле може виявляти шкідливий вплив як на обслуговуючий персонал, так на супутню апаратуру, що приводить до реалізації навколо прискорювача своєрідної "мертвої зони". Останнє, у свою чергу, має два основних негативних наслідки. По-перше, це вимагає забезпечити навколо стерилізатора додатковий простір, який не може (без прийняття спеціальних заходів екранування) бути використаним обслуговуючим персоналом чи зайнятий супутніми апаратурою та устаткуванням. По-друге, як правило, попадання сильного електричного поля на об'єкти обробки є недопустимим, оскільки змінює її споживчі характеристики у небажаному напрямку або, навіть, руйнує їх (наприклад, ампули з рідкими фармацевтичними препаратами, рідкі харчові продукти типа пляшкового чи баночного пива і т.д.). Для уникнення такої ситуації між виходом ЛІП

і системою опромінення мусить бути забезпечена достатня відстань, на якій інтенсивність зовнішнього електричного поля ЛПП знижується до допустимих величин. Як наслідок, стерилізатори на основі ЛПП виявляються надмірно громіздкими і погано суміщаються з технологічними умовами, типовими, скажімо, при переробці сільськогосподарської продукції, у харчовій та фармацевтичній промисловості. Або, іншими словами, вони у таких ситуаціях характеризуються низькими рівнем технологічності і електромагнітної сумісності.

Ще одним недоліком електронного стерилізатора на основі ЛПП, як і двох інших вище описаних аналогів, є їх потенційно невисока продуктивність. Останнє пов'язано з тим, що тут для стерилізації використовують лише один електронний пучок обмеженої ширини і обмеженої сили струму. Оскільки час експозиції (тобто, час опромінення) об'єктів обробки є обмежений як силою струму пучка, так і розмірами зони опромінення, то у випадку одного робочого пучка швидкість руху транспортної стрічки (або, що те ж саме - швидкість переміщення зони опромінення по поверхні об'єкту обробки) виявляються невисокими. На практиці типовими є величини в десятки секунд - одиниці хвилин на одну упаковку об'єкту обробки (опромінення). З іншого боку, наприклад, у випадках, коли стерилізуючий ефект досягається за рахунок безпосереднього впливу електронного пучка на об'єкт опромінення (обробки), при однократному опроміненню продуктів існують технологічні обмеження на силу струму пучка. Це також веде до збільшення необхідного часу експозиції і, як наслідок, до обмежень на продуктивність стерилізатора. Із сказаного вище випливає, що наявність тільки одного робочого електронного пучка, що формується ЛПП, принципово обмежує продуктивність відомого електронного стерилізатора, побудованого на його основі.

Таким чином, невисока продуктивність, великі робочі габарити, висока вартість виготовлення та експлуатації, нетехнологічність, низький рівень електромагнітної сумісності та підвищені складність і рівень небезпека при експлуатації є основними недоліками електронних стерилізаторів, побудованих на основі ЛПП. Як наслідок, стерилізатори на базі ЛПП не отримали на сьогодні будь якого широкого комерційного застосування і використовуються лише у деяких дослідницьких програмах спеціального призначення (див., наприклад, [Scarpetti R.D., Boyd J.K., Earley G.G., et al. "Upgrades to the LLNL flash X-ray induction linear accelerator (FXR)," *Digest of technical papers of 11<sup>th</sup> IEEE International Pulsed Power Conf.*, Baltimore, Maryland USA, June 29-July 2, 1997, v.2, pp.597-602, 1998]). Даний пристрій є найбільш близьким до запропонованого винаходу по технічній суті та результату, що досягається, і прийнято за прототип.

Завданням винаходу є створення електронного стерилізатора комерційного типу, що характеризується високою продуктивністю, відносною компактністю, безпечністю в експлуатації, низькою вартістю у виробництві і експлуатації, простотою конструкції, високими електромагнітною сумісністю і технологічністю (тобто, технологічною адекватністю умовам, що є характерними для цивільних галузей індустрії, таких наприклад, як переробка сільськогосподарських продуктів, харчова і фармацевтична промисловості).

Поставлене завдання вирішується тим, що в електронному стерилізаторі, який містить джерело релятивістських електронних пучків, блок вихідних пристроїв, блок систем опромінення та транспортну систему, згідно винаходу, джерело релятивістських електронних пучків виконано у формі багатоканального лінійного індукційного прискорювача. При цьому передбачено сім конструктивних варіантів виконання даної конструкції та варіанти їх комбінацій.

У першому з них багатоканальний лінійного індукційний прискорювач виконано як джерело одиночного релятивістського електронного пучка.

У другому - багатоканальний лінійного індукційний прискорювач виконано як джерело не менше як двох релятивістських електронних пучків.

У третьому - блок систем опромінення виконано у формі систем розгортки (сканування) електронних пучків, кожна з яких підключена до одного із вихідних пристроїв блоку вихідних пристроїв, кожен із яких, у свою чергу, виконано у формі вакуумного вікна, що забезпечує вивід електронного пучка із вакууму у повітряну атмосферу.

В четвертому - блок систем опромінення виконано у формі систем дефокусування електронних пучків, кожна з яких підключена до одного із вихідних пристроїв блоку вихідних пристроїв, кожен із яких, у свою чергу, виконано у формі вакуумного вікна, що забезпечує вивід електронного пучка із вакууму у повітряну атмосферу.

У п'ятому - системи опромінення виконано у формі рентгенівських мішеней, що підключені до виходів блоку вихідних систем.

У шостому - блок систем опромінення виконано у формі систем розгортки (сканування) для кожного із електронних пучків, у кожній із яких, у свою чергу, вихідне вікно виконано у формі рентгенівської мішені.

У сьомому - блок систем опромінення виконано у формі систем дефокусування електронних пучків, у кожній із яких, у свою чергу, вихідне вікно виконано у формі рентгенівської мішені.

Виконання джерела релятивістських електронних пучків у формі багатоканального лінійного індукційного прискорювача (БЛІП) дозволяє підвищити продуктивність, знизити робочі габарити, вартість виготовлення та експлуатації, підвищити рівень безпеки, технологічності та електромагнітної сумісності, забезпечити комерційну ефективності практичного застосування електронного стерилізатора.

Можливість одночасного прискорення у БЛІП багатьох електронних пучків у одному і тому ж напрямку дозволяє реалізувати режим багатократного опромінення об'єктів обробки послідовно різними пучками, причому, без збільшення інтенсивності кожного із цих (парціальних) пучків. Завдяки цьому, при однаковій (у порівнянні з прототипом) силі струму кожного із пучків відкривається можливість суттєвого зменшення часу експозиції і, відповідно, збільшення продуктивності стерилізатора. Оскільки, при однакових з прототипом прискорювальних характеристиках, БЛІП характеризується багато меншою інтенсивністю зовнішнього електричного поля і, відповідно, майже вдвічі більшою інтенсивністю внутрішнього (тобто прискорювального) поля, то запропоновані стерилізатори характеризуються меншими габаритами і вищим рівнем безпеки. По-перше, тому, що при однаковому прискоренні лінійний габарит власне БЛІП у такій ситуації є суттєво меншим за лінійний габарит ЛІП. По-друге, тому що зовнішнє електричне поле БЛІП є значно слабшим (у десятки - тисячі разів, в залежності від відстані від індукторів), ніж зовнішнє поле прототипу. Відповідно, у запропонованій конструкції мінімально допустима відстань між прискорювачем і системою опромінення (тобто відстань, при якій гарантовано безпечність рівня впливу зовнішнього електричного поля на об'єкти обробки) може бути значно меншою (у кілька разів, чи навіть десятків разів). Це означає, що, можуть бути зменшеними витрати на забезпечення захисту від небажаного впливу електричного поля на обслуговуючий персонал інші системи і апарати стерилізатора, зменшені загальні витрати як на його виготовлення, так і поточне обслуговування, а також зменшена небезпека електричного пробоя у системі. З цієї ж причини підвищуються рівні безпеки, електромагнітної сумісності та технологічності електронного стерилізатора, що пропонується. Як наслідок, практичне застосування передбачуваного винаходу у цивільних галузях індустрії (наприклад, при переробці сільськогосподарської продукції, у харчовій фармацевтичній промисловості і т.д.) стає комерційно доцільним.

Рішення із схожими ознаками при патентному пошуку заявником не виявлені і також не виявлені відомості про впливи, передбачені суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, на досягнення вказаного технічного результату. Це дозволяє зробити висновок, що технічне вирішення, що заявляється, відповідає критеріям патентоспроможності "новизна" та "винахідницький рівень".

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг.1 показано загальну конструкцію електронного стерилізатора, на фіг.2 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з одним робочим електронним пучком і системою його розгортки (сканування), на фіг.3 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з кількома робочими електронними пучками та системами їх розгортки, на фіг.4 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора кількома електронними пучками та системами їх дефокусування, на фіг.5 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛПП і транспортної системи, а на фіг.6 - варіант конструкції електронного стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛПП і вертикальним розміщенням транспортної системи.

У конструкції, представленій на фіг.1, позицією 1 показано багатоканальний лінійний індукційний прискорювач (БЛПП). До виходів останнього підключено блок вихідних пристроїв 2. В свою чергу, до блоку вихідних пристроїв підключено блок систем опромінення 3. Безпосередньо під блоком опромінення 3 розміщено транспортну систему 4, на якій розміщено об'єкти опромінення (обробки) 5. Вентиляційну систему 6 розміщено таким чином, що система опромінення 3 та робоче поле опромінення на транспортній системі 4 (на якому відбувається стерилізація об'єктів 5) є ізольованими від решти конструктивних елементів БЛПП. Під транспортною системою 4 розміщено нижню систему захисту від рентгенівського випромінювання 7, тоді як верхню частину 8 розміщено над прискорювачем 1 та транспортною системою 4.

На фіг.2 проілюстровано приклад варіанту конструкції електронного стерилізатора з одним робочим електронним пучком і, відповідно, одною системою розгортки (сканування). Тут блок вихідних пристроїв 2 містить в собі лише один із вихідних пристроїв 9, який підключено до виходу БЛПП 1. Вихідний пристрій 9 виконано у формі вакуумного вікна, такого що здатне забезпечити перехід релятивістського електронного пучка 10 із вакууму (який реалізовано в об'ємі прискорювальних каналів БЛПП 1) безпосередньо у повітряну атмосферу. Відповідно, блок опромінення 3 тут виконано у формі тільки одну систему опромінення, яку у даному випадку виконано у формі системи розгортки (сканування) 11 електронного пучка 10. Під системою розгортки 11 розміщено об'єкт опромінення (обробки) 5. Кут розгортки пучка 10 у системі 11 підібрано таким чином, що доріжка опромінення 12 за один прохід електронного пучка 10 перекриває увесь поперечний габарит об'єкту 5 (по відношенню до напрямку руху об'єкту опромінення 5 на транспортній системі 4, який тут позначено стрілкою 13).

На фіг.3 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора, що відрізняється від конструкції, наведеної на фіг.2 лише тим, що тут використано БЛПП 1 виконаний у формі трьохканального БЛПП 14. Відповідно, блок вихідних пристроїв 2 містить три окремі вихідні пристрої, виконано у формі вакуумних вікон 15. Блок систем опромінення 3 тут виконано у формі строеного блоку розгортки 11.

На фіг.4 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора, у якого БЛПП 1 виконано у формі чотирьохканального БЛПП 16. На відміну від конструктивних варіантів, наведених вище на фіг.2 та фіг.3, тут систему опромінення 3 виконано у формі блоку із чотирьох систем дефокусування 17 електронних пучків 18. Об'єкт опромінення 5 розміщено безпосередньо під блоком систем дефокусування 17 таким чином, що увесь максимальний габарит об'єкту опромінення 5 перекривається дорізкою опромінення, яку у даному випадку сформовано суперпозицією плям опромінення 19. Остання



зорієнтована перпендикулярно у напрямку, напрямку руху 13 об'єкту опромінення 5 у транспортній системі 4.

Запропоновано стерилізатори з азимутально-симетричними та азимутально-несиметричними дефокусуючими системами 17. У першому випадку плями опромінення 19 на об'єкті опромінення 5 мають форму круга. У другому із випадків плями опромінення мають еліпсоподібну, прямокутну, або більш складну форму. При цьому, системі дефокусування надано таку конструкцію і розміщено таким чином, що усі плями опромінення 19 від усіх електронних пучків 18 на об'єкті опромінення 5 зливаються у одну суцільну доріжку опромінення.

На фіг.5 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛІП 1 і транспортної системи 4. Тут БЛІП 1 виконано у формі чотирьох секцій 20, з'єднаних між собою перехідними пристроями 21. Блок вихідних пристроїв 2 тут виконано у формі блоку поворотних магнітних систем 22. До виходу поворотних систем 22 підключено блок систем опромінення 3. Електронні пучки 23 направлено на об'єкт обробки 5, який, у свою чергу, розміщено на горизонтально орієнтованій транспортній системі 24.

На фіг.6 проілюстровано варіант конструкції стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛІП 1 і вертикальною орієнтацією транспортної системи 25, яку виконано у формі вертикального транспортера, трубо- або пневмопровода. Тут, як і на фіг.5, БЛІП 1 виконано у формі чотирьох секцій 20, які з'єднано між собою перехідними пристроями 21. Блок систем опромінення 3 розміщено біля стінки вертикально орієнтованої транспортної системи 25 (наприклад, трубопроводу, пневмопроводу і т.д.), по якій у вертикальному напрямку переміщують об'єкт (об'єкти) опромінення 5 (рідину, сипучий матеріал та ін.). Конструкції систем опромінення 3 і транспортної 25, відповідно, виконано таким чином, що електронні пучки 23 у робочому об'ємі транспортної системи 25 утворюють суцільну зону опромінення.

Запропоновано варіанти конструкції електронного стерилізатора, у яких блок систем опромінення 3 містить в собі блок рентгенівських мішеней, які розміщені на виході блоку 3. В свою чергу, запропоновано три основних конструктивних версій таких рентгенівських електронних стерилізаторів.

У першій блок систем опромінення 3, виконано у формі блоку рентгенівських мішеней, які підключено до блоку вихідних систем 2. Конструкція кожної із мішеней є такою, що кожен рентгенівський пучок, що забезпечує генерування пучків рентгенівського випромінювання (рентгенівських пучків), що розходитьсся. Аналогічно тому, як це має місце у конструкції із електронною стерилізацією (див. фіг.4), кути розходження підібрано таким чином, що на об'єкті обробки усі рентгенівські пучки утворюють суцільну доріжку опромінення.

У другому конструктивному варіанті блок систем опромінення 3 виконано у формі блоку систем розгортки (сканування) електронних пучків, до виходів яких підключено рентгенівські мішені.

У третьому варіанті блок систем опромінення виконано у формі блоку систем дефокусування електронних пучків, у кожній із яких, у свою чергу, вихідне вікно виконано у формі рентгенівської мішені.

Робота електронного стерилізатора полягає у наступному. У варіанті конструкції, робота якого проілюстрована на фіг.2, при вимкненій системі розгортки 11 електронний пучок 10 рухається у вертикальному напрямку, формуючи на поверхні об'єкту опромінення 5 пляму опромінення у формі, що співпадає з формою поперечного перерізу пучка 10. Як правило, характерні розміри цієї плями є багато меншими від розмірів об'єкту опромінення 5. Як наслідок, у даному випадку вдається опромінити лише малу частину площі останнього. При вмиканні системи розгортки 11 у її робочому об'ємі, який



у процесі руху перетинає електронний пучок 10, генерують періодично-змінне у часі магнітне поле. Це означає, що на електрони пучка 10, у горизонтальній площині, починає діяти змінна у часі магнітна сила Лоренца. Під дією цієї сили Лоренца електрони пучка 10 у кожний момент часу відхиляються від попередньо прямолінійного напрямку руху на кут, що залежить як від сили магнітного поля у даний момент, так і від їх енергії. Оскільки, як відзначалось, магнітне поле є змінним у часі, то і кут відхилення, як за величиною, так і за знаком, виявляється залежним від часу також. Як наслідок, електронний пучок 10 систематично відхиляється від вертикалі у площині (тобто, скануватись), у перпендикулярній до площини об'єкту опромінення 5, яка називається площиною сканування. При цьому на поверхні об'єкту опромінення 5, в середньому за інтервал часу багато більший за період зміни магнітного поля, "вимальовується" своєрідна доріжка, яку називають доріжкою опромінення 12. Оскільки об'єкти опромінення 5 переміщують по транспортній системі 4 відносно БЛП 1, то доріжка опромінення 12 послідовно переміщається по всій його поверхні паралельно до самої себе, чим і забезпечується його стерилізація.

Для досягнення стерилізуючого ефекту при електронній стерилізації запропоновано застосовувати один із відомих технологічних процесів. У випадку, коли стерилізуючий ефект досягається за рахунок безпосередньої дії електронного пучка, традиційно застосовують два із них. Перший називають, власне електронною стерилізацією, а другий є відомим під назвою радіохімічної стерилізації. Ці ж технології запропоновано застосовувати і даному винаході. Суть даних технологічних процесів полягає у наступному.

Як відомо, релятивістські електронні пучки характеризуються здатністю проникати далеко у глибину матеріалу, що обробляється. При цьому, глибина проникнення залежить, головним чином, від енергії електронів. Наприклад, електронний пучок з енергією 1MeV здатен пройти через стінку скляної пляшки товщиною 5мм. Пронизуючи товщу матеріалу, що обробляється (у тому числі, наприклад, пакувальну тару), електрони впливають на всі мікробіологічні об'єкти, що містяться у його об'ємі і на його поверхні. У тому числі, на мікроби, віруси, грибки, паразити і т.д. У випадку, коли доза опромінення сягає певної критичної, усі ці мікробіологічні об'єкти знищуються.

У випадку радіохімічної стерилізації використовують дещо інший механізм впливу. А саме, наступний. Одним із побічних результатів взаємодії релятивістського електронного пучка із повітрям є іонізація останнього і, як один із наслідків, утворення озону. У випадку, коли об'єкт обробки є герметично запакованим (наприклад, пусті ампули чи ампули з медичними препаратами, консервовані та бутильовані харчові продукти, харчові продукти, що запаковані у пластик, і т.д.), при проникненні електронів у цей герметичний об'єм у ньому утворюється озон. Цей озон, взаємодіючи з мікроорганізмами об'єкту опромінення, вбиває їх за рахунок своєї токсичності. Висока ефективність цього процесу пояснюється тим, що достатня для стерилізації концентрація озону зберігається у герметично запакованому об'єкті обробки на протязі кількох годин після завершення процесу опромінення. Завдяки цьому досягається реальна довготривалість процесу впливу на об'єкт стерилізації.

Достоїнством технології, що базується на радіохімічній стерилізації є те, що у даному випадку відкривається можливість обробки об'єктів з великими власними об'ємами при застосуванні електронних пучків відносно невисоких енергій (менших чи порядку 1MeV). Недоліком її є неможливість обробки герметично неупакованих об'єктів. Таких наприклад, як зерно, проточні рідкі продукти, великі пакунки із значним числом дрібних об'єктів обробки, тощо. У цих випадках більш перспективним виявляється застосування методу "безпосередньої" електронної стерилізації.

Як відомо, ефективність електронної стерилізації, крім енергії електронів, визначається також інтенсивністю пучків. Із зростанням інтенсивності електронних пучків зростає і ефективність стерилізації. Але тут на шляху подальшого підвищення ефективності закладено певні технологічні обмеження, які носять принципову фізичну природу. Обмеження ці пов'язані із загрозою псування чи, навіть, руйнування матеріалу об'єкту, що опромінюється, при перевищенні щільності струму пучка певної межової. Традиційно цю проблему вирішують шляхом зниження щільності струму пучка при одночасному збільшенні експозиції опромінення, що, однак, автоматично веде до суттєвого зниження продуктивності системи, у цілому. Вказані обмеження стають на заваді підвищення продуктивності прототипу (тобто збільшенні маси продукції, що може бути стерилізовано за одиницю часу).

Для підвищення продуктивності електронного стерилізатора у передбачуваному винаході, як відзначалося, запропоновано вживати конструктивні версії, у яких стерилізація відбувається послідовно кількома електронними пучками. Робота таких стерилізаторів проілюстрована прикладами на фіг.3 - фіг.6. У тому числі, у конструкції, наведеній на фіг.3, така можливість обумовлена тим, що БЛП 1 виконано у формі трьохканального багатоканального лінійного індукційного прискорювача 14. Це означає, що у робочому режимі такий прискорювач формує одночасно три релятивістські електронні пучки 10. Відповідно, блок вихідних пристроїв 2 виконано у "строєному" варіанті 11. Завдяки цьому як строєний блок вихідних пристроїв 15, так і система розгортки 11 забезпечують одночасну роботу з трьома незалежними електронними пучками 10. Принцип роботи цієї конструкції у головних рисах не відрізняється від роботи стерилізатора, проілюстрованого на фіг.2. Відмінність полягає лише у тому, що у процесі руху в транспортній системі 4 об'єкт опромінення 5 послідовно зазнає опромінення спочатку першим, потім другим, а потім третім електронним пучком. Тривалість експозиції, таким чином, може бути зменшена (у порівнянні із однопучковою системою, наведеною на фіг.2) у число разів, яке дорівнює числу електронних пучків. Очевидно, що вибране число електронних пучків (три) не є принциповим і у загальному випадку їх кількість визначається проектно-технологічними вимогами до стерилізатора.

Застосування багатопучкових конструктивних версій БЛП відкриває також можливість для вирішення проблеми підвищення продуктивності стерилізатора конструктивно більш простим (ніж це показано на фіг.3) шляхом. Конструктивна ідея цього шляху проілюстрована на фіг.4. Як відзначалось, головна відмінність цієї конструктивної версії, від показаної на фіг.3, полягає у формі виконання блоку систем опромінення 3. Тут він виконаний у формі систем дефокусування 17 (наприклад, дефокусуючих магнітних лінз) електронних пучків. У даній конструкції електрони кожного електронного пучка 18 на проміжку між виходом із чотирьохканального БЛП 16 і системою дефокусування 17 рухаються по вертикалі вниз. Після проходження пучком 18 систем дефокусування 17 траєкторії різних електронів відхиляються від вертикалі на різні кути. Це призводить до того, що електронні пучки 18 із початково лінійних перетворюються у такі, що розходяться. Як наслідок, пляма опромінення на поверхні об'єкту 5 виявляється значно більшою, ніж у випадку пучка, що не розходить. Усі ці плями опромінення зливаючись формують одну широкую суцільну доріжку опромінення 19. При русі об'єкту опромінення 5 в транспортній системі 4, таким чином, відбувається пересування доріжки опромінення 19 паралельно до самої себе, що означає послідовне опромінення усієї поверхні об'єкту 5. У даній конструктивній версії, при однаковій щільності струму пучка, ширина доріжки опромінення 12 виявляється багато ширшою за ширину аналогічної доріжки у випадку однопучкової системи (див. фіг.2). У всьому іншому принцип дії такої конструктивної версії електронного стерилізатора не відрізняється від того, що реалізується у попередніх прикладах.

На фіг.5 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛПП 1 і транспортної системи 4. Як відзначалось, характерною особливістю даної конструкції є те, що тут блок вихідних пристроїв 2 виконано у формі блоку поворотних (на прямий кут) магнітних систем 22. За рахунок цього паралельні горизонтальні електронні пучки, які формують на виході робочих каналів БЛПП 1 (який тут виконано у формі прискорювальних секцій 20, з'єднаних між собою перехідними пристроями 21), під дією магнітних полів поворотної системи 22, змінюють напрямок свого руху із горизонтального на вертикальний. Як результат, на вхід системи опромінення 3 направляють ряд вертикально орієнтованих електронних пучків. Далі, як і у попередніх конструкціях, останні направляють на об'єкт обробки 5, який, у свою чергу, переміщається на горизонтально орієнтованій транспортній системі 4.

На фіг.6 проілюстровано варіант конструкції електронного стерилізатора з горизонтальним розміщенням БЛПП 1 і вертикальною орієнтацією транспортної системи 4, яку тут виконано у формі вертикального транспортера, пневмопроводу чи трубопроводу 25. Специфікою даного варіанту, як відмічалось, є те, що тут блок систем опромінення 3 розміщено безпосередньо біля стінки вертикально орієнтованої транспортної системи 25, у якій передбачено спеціальне вікно для опромінення. Опромінюючі електронні пучки 23 направляють через це вікно у робочий об'єм транспортної системи 25, по якій у вертикальному напрямку переміщують об'єкт (об'єкти) опромінення 5 (рідину, сипучий матеріал та ін.). У всьому іншому принцип дії даного варіанту конструкції є подібний до того, що наведено на фіг.5.

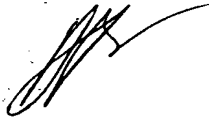
Як відзначалось, у даному винаході крім конструктивних версій, у яких стерилізація відбувається у наслідок безпосередньої дії електронних пучків, запропоновано також такі, у яких стерилізація відбувається за рахунок дії жорсткого рентгенівського випромінювання. Основна відміна таких варіантів конструкції, від вище описаних варіантів із власне електронною стерилізацією, полягає у формі виконання системи опромінення. При цьому, спільною особливістю всіх таких конструктивних версій є те, що електронні пучки тут не виходять за межі вакуумної системи. Технологічно це досягнуто за рахунок того, що електронні пучки направляють на рентгенівські мішені, які розміщено на виході кожної із систем опромінення 3. У наслідок реалізації ефекту гальмівного випромінювання частина кінетичної енергії поступального руху електронних пучків (~8-10%) трансформується в енергію жорсткого рентгенівського випромінювання.

В залежності від варіанту конструкції системи опромінення 3 реалізується той чи інших принцип формування доріжки рентгенівського опромінення на об'єкті опромінення 5. Наприклад, у випадку, коли система опромінення виконана як рентгенівська мішень, потрібну форма рентгенівського пучка опромінення формують за рахунок спеціальної геометрії рентгенівської мішені. У іншому випадку, коли система опромінення виконана у формі системи розгортки, до виходу якої підключено рентгенівську мішень, опромінюючий, рентгенівський пучок формують як скануючий. Технологічно це реалізується наступним чином. За рахунок розгортки (сканування) електронного пучка кут його падіння на рентгенівську мішень періодично змінюється. Як наслідок, у такий спосіб досягається вище вказана ситуація, коли опромінюючий рентгенівський пучок також формується як скануючий. І, нарешті, у конструкціях, у яких система опромінення 3 містить в собі системи дефокусування електронних пучків, рентгенівські мішені розміщені на її вихідній частині. З тої причини, що і в попередньому випадку, рентгенівський пучок, що формують, також виявляється таким, що розходить (тобто, дефокусованим). В усіх вказаних випадках стерилізація об'єкту опромінення досягається за рахунок дії жорсткого рентгенівського випромінювання на патогенні бактерії, віруси, паразити і грибки, що містяться в об'єктах обробки (опромінення).

Винахід дозволяє використання його як компактного електронного стерилізатора комерційного типу для стерилізації харчових продуктів, лікарських і біологічних препаратів, медичного і біологічного устаткування, а також, знезаражування води, включаючи стічні води, продуктів сільськогосподарського виробництва (включаючи зерно, бобові) та ін., який призначений для знищення (або пригнічення) патогенних бактерій, вірусів, паразитів і грибків, що містяться в об'єктах обробки.

Таким чином, заявлений електронний стерилізатор відповідає критерію патентоспроможності "Промислова придатність".

Заявник:  
Ректор

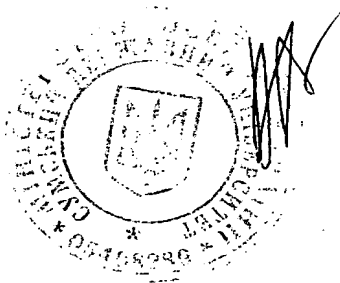


Ковальов І.О.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

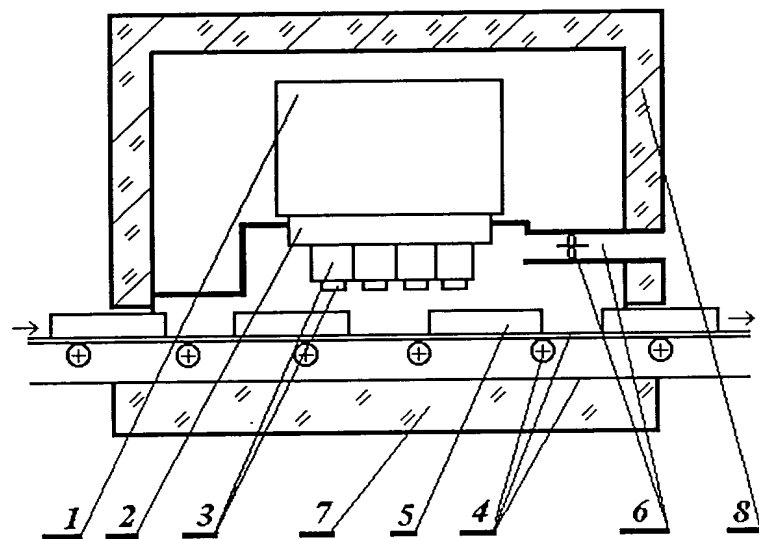
1. Електронний стерилізатор , який містить джерело релятивістських електронних пучків , блок вихідних пристроїв , блок систем опромінення , та транспортну систему , який відрізняється тим , що джерело релятивістських електронних пучків виконано у формі багатоканального лінійного індукційного прискорювача
2. Електронний стерилізатор за пунктом 1 , який відрізняється тим , що багатоканальний лінійний індукційний прискорювач виконано як джерело одиночного релятивістського електронного пучка.
3. Електронний стерилізатор за пунктом 1 , який відрізняється тим , що багатоканальний лінійний індукційний прискорювач виконано як джерело не менше як двох релятивістських електронних пучків.
4. Електронний стерилізатор за пунктами 1-3 , який відрізняється тим , що блок систем опромінення виконано у формі систем розгортки ( сканування ) електронних пучків , кожна з яких підключена до одного із вихідних пристроїв блоку вихідних пристроїв, кожен із яких , у свою чергу , виконано у формі вакуумного вікна , що забезпечує вивід електронного пучка із вакууму у повітряну атмосферу.
5. Електронний стерилізатор за пунктами 1-3 , який відрізняється тим , що блок систем опромінення виконано у формі систем де-фокусування електронних пучків , кожна з яких підключена до одного із вихідних пристроїв блоку вихідних пристроїв , кожен із яких , у свою чергу, виконано у формі вакуумного вікна, що забезпечує вивід електронного пучка із вакууму у повітряну атмосферу.
6. Електронний стерилізатор за пунктом 1 , який відрізняється тим , що системи опромінення виконано у формі рентгенівських мішеней , що підключені до виходів блоку вихідних пристроїв.
7. Електронний стерилізатор за пунктами 1-3, який відрізняється тим , що блок систем опромінення виконано у формі систем розгортки ( сканування ) для кожного із електронних пучків , у кожній із яких , у свою чергу , вихідне вікно виконано у формі рентгенівської мішені.
8. Електронний стерилізатор за пунктами 1-3 , який відрізняється тим , що блок систем опромінення виконано у формі систем де-фокусування електронних пучків, у кожній із яких , у свою чергу , вихідне вікно виконано у формі рентгенівської мішені.

Заявник :  
Ректор



І.О.Ковальов

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР

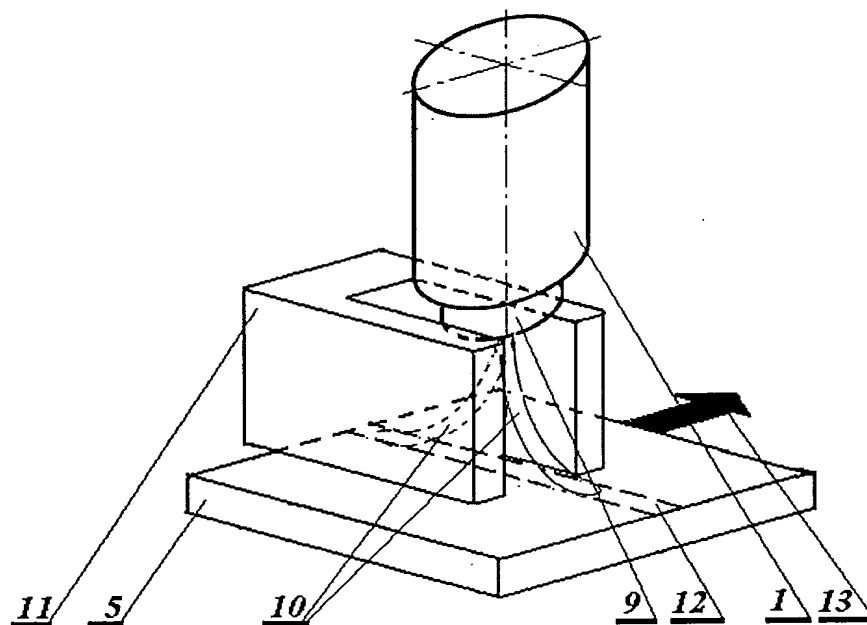


Фиг.1

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР



Фіг.2

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост



## ЭЛЕКТРОННЫЙ СТЕРИЛИЗАТОР

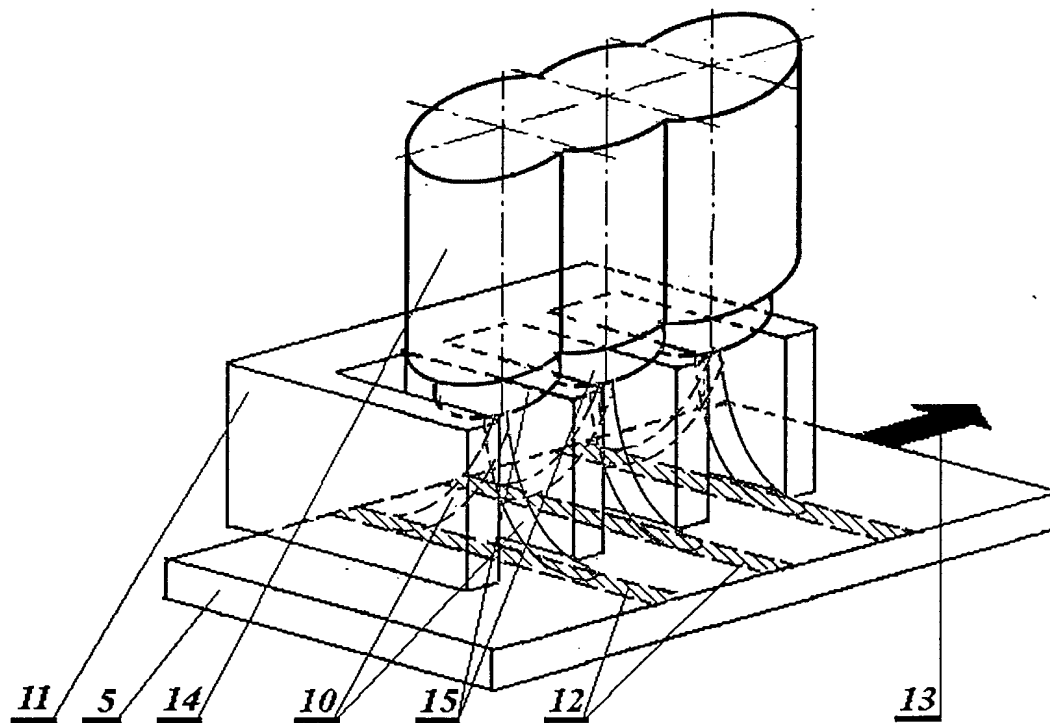
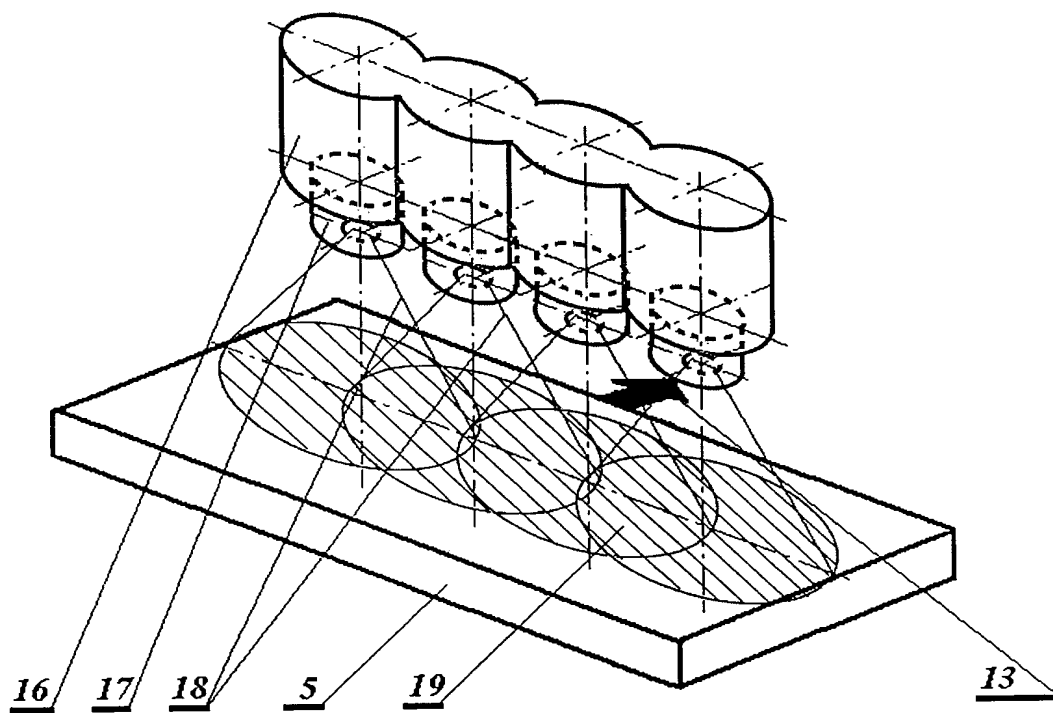


Fig.3

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР

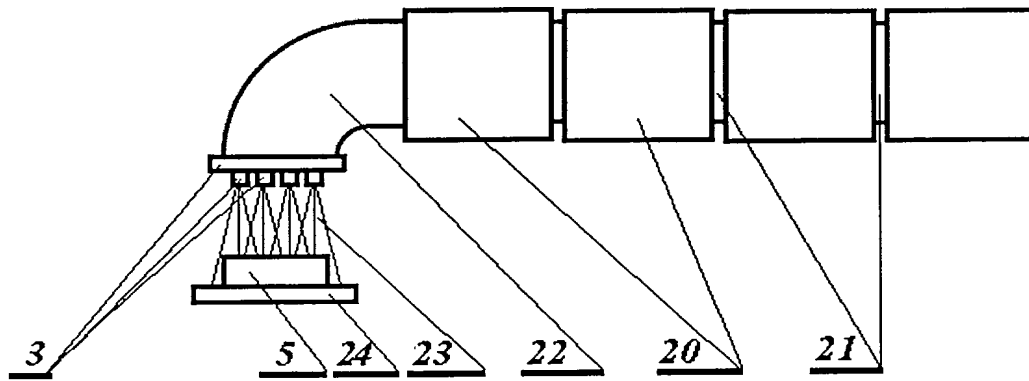


Фіг.4

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР

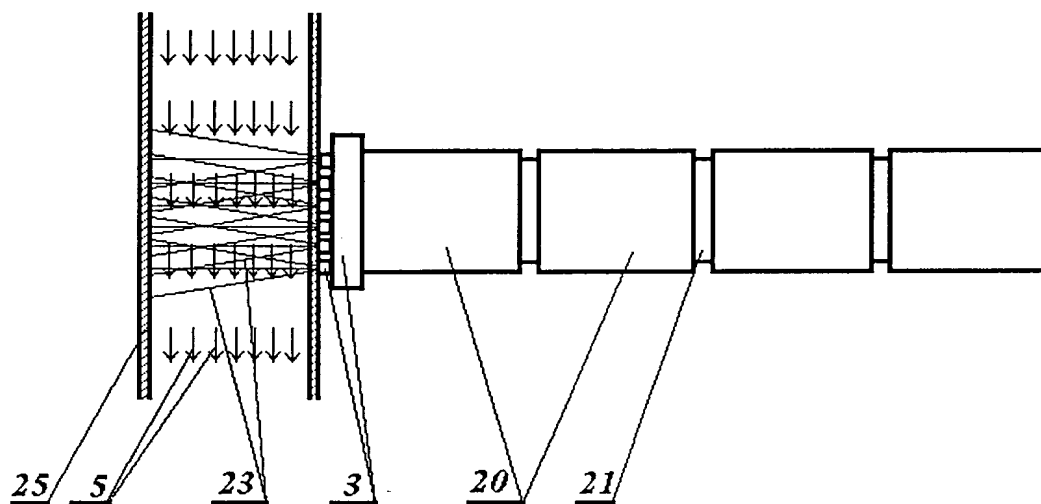


Фіг.5

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост

## ЕЛЕКТРОННИЙ СТЕРИЛІЗАТОР



Фіг.6

Автори:

В.В. Куліш  
А.К. Мельник  
В.А. Хворост

## РЕФЕРАТ

1. *Об'єкт винаходу*: електронний стерилізатор.

2. *Галузь застосування*: винахід дозволяє використання його як компактного електронного стерилізатора комерційного типу для стерилізації харчових продуктів, лікарських і біологічних препаратів, медичного і біологічного устаткування, а також, знезаражування води, включаючи стічні води, продуктів сільськогосподарського виробництва (включаючи м'ясо, молоко, зерно, бобові) та ін. і призначений для знищення (або пригнічення) патогенних бактерій, вірусів, паразитів і грибків, що містяться в об'єктах обробки.

3. *Суть винаходу*: Стерилізатор містить у собі багатоканальний лінійний індукційний прискорювач (БЛП) 1, до виходу робочих прискорювальних каналів якого підключено блок вихідних пристроїв 2, до якого, у свою чергу, підключено блок систем опромінення 3. Під блоком 3 розміщено транспортну систему 4, на якій розміщено об'єкти опромінення (обробки) 5. Вентиляційну систему 6 розміщено таким чином, що система опромінення 3 та транспортна система 4 робоче поле, де відбувається стерилізація об'єктів 5, є ізольованими від решти конструктивних елементів БЛП. Під транспортною системою 4 розміщено нижню систему захисту від рентгенівського випромінювання 7, тоді як верхню частину 8 розміщено над прискорювачем 1 та транспортною системою 4.

4. *Альтернативне рішення*: електронний стерилізатор на основі одноканального лінійного індукційного прискорювача.

5. *Технічний результат*: підвищення продуктивності, компактності, рівня електромагнітної сумісності і технологічності (тобто, технологічної адекватності умовам, що є характерними для сільськогосподарської, харчової і фармацевтичної промисловостей) та безпечності в експлуатації; крім того, зниження вартості виробництва та експлуатації і спрощення конструкції, у цілому.

1с. 7 з.п.ф-ли, 6 іл.

